

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 09318288  
PUBLICATION DATE : 12-12-97

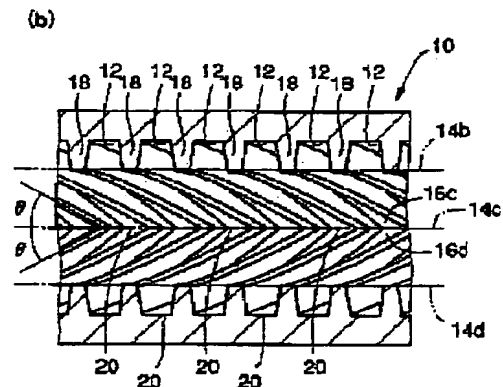
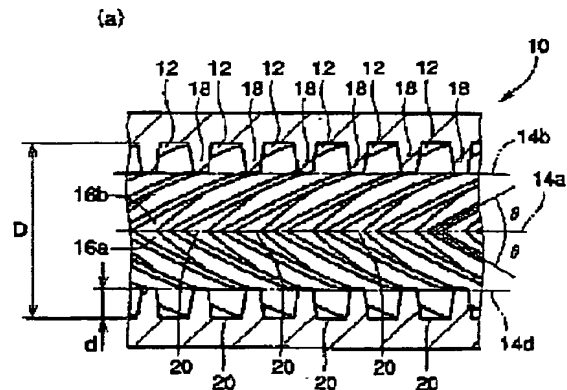
APPLICATION DATE : 30-05-96  
APPLICATION NUMBER : 08136194

APPLICANT : SUMITOMO LIGHT METAL IND LTD;

INVENTOR : KIYOTANI AKIHIRO;

INT.CL. : F28F 1/40 F25B 39/00

TITLE : HEAT TRANSFER PIPE WITH INNER SURFACE GROOVE



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a heat transfer pipe having an inner surface groove in which a superior heat transfer performance can be realized irrespective of a flowing direction of refrigerant fluid and influence against the heat transfer performance caused by a flowing direction of the refrigerant fluid can be reduced.

SOLUTION: At least four even number of imaginary interface lines 14a to 14d extending in a pipe axial direction are formed at an inner surface of a pipe. Many grooves 12 are inclined from each of the imaginary interface lines 14a to 14d toward both adjacent imaginary interface lines 14a to 14d holding it in a predetermined angle in respect to the pipe axis, wherein both side grooves 12 continuously formed in a circumferential direction are inclined in an opposite direction to each other with the imaginary interface lines 14a to 14d being held therebetween and they are made such that a ratio  $2d/D$  between twice the groove depth (d) of each of these grooves 12 and an inter-pipe maximum diameter D may become 0.05-0.1.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-318288

(43) 公開日 平成9年(1997)12月12日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 2 8 F 1/40			F 2 8 F 1/40	D
F 2 5 B 39/00			F 2 5 B 39/00	Q

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平8-136194

(22) 出願日 平成8年(1996)5月30日

(71) 出願人 000002277

住友軽金属工業株式会社

東京都港区新橋5丁目11番3号

(72) 発明者 佐々木 直栄

東京都港区新橋5丁目11番3号 住友軽金属工業株式会社内

(72) 発明者 近藤 隆司

東京都港区新橋5丁目11番3号 住友軽金属工業株式会社内

(72) 発明者 清谷 明弘

東京都港区新橋5丁目11番3号 住友軽金属工業株式会社内

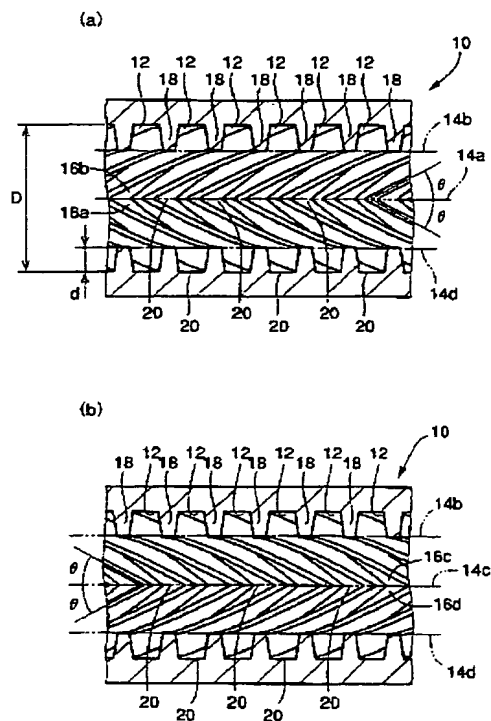
(74) 代理人 弁理士 中島 三千雄 (外2名)

(54) 【発明の名称】 内面溝付伝熱管

(57) 【要約】

【課題】 冷媒流体の流通方向に拘らず、優れた伝熱性能を発揮し得ると共に、伝熱性能に対する冷媒流体の流通方向による影響を低減し得る内面溝付伝熱管を提供する。

【解決手段】 管内面に、少なくとも4本以上の偶数本の、管軸方向に延びる仮想境界線14を有し、該仮想境界線のそれぞれからそれを挟んだ両隣りの仮想境界線14に向かって、多数の溝12を、管軸に対して所定の角度を為して傾斜せる形態において、周方向に連続して形成し、且つ該仮想境界線14を挟んでそれぞれ形成される両側の溝12が、該仮想境界線14を間にして互いに逆方向に傾斜していると共に、それら溝12の溝深さ： $d$ の2倍と管内最大直径： $D$ との比率： $2d/D$ が0.05～0.1となるように構成した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 管内面に、少なくとも4本以上の偶数本の、管軸方向に延びる仮想境界線を有し、該仮想境界線のそれぞれからそれを挟んだ両隣りの仮想境界線に向かって、多数の溝が、管軸に対して所定の角度を為して傾斜せる形態において、周方向に連続して形成され、且つ該仮想境界線を挟んでそれぞれ形成される両側の溝が、該仮想境界線を間にして互いに逆方向に傾斜していると共に、それら溝の溝深さ： $d$ の2倍と管内最大直径： $D$ との比率： $2d/D$ が0.05～0.1となるように構成されていることを特徴とする内面溝付伝熱管。

【請求項2】 前記溝の溝深さ： $d$ の2倍と前記管内最大直径： $D$ との比率： $2d/D$ が、0.058～0.087の範囲内とされている請求項1に記載の内面溝付伝熱管。

【請求項3】 前記仮想境界線の本数が、4～10の範囲の偶数本とされている請求項1又は請求項2に記載の内面溝付伝熱管。

【請求項4】 前記溝の管周方向におけるピッチが0.35～0.50mmの範囲内とされると共に、該溝の前記管軸に対する傾斜角度が5～45°の範囲内とされ、且つ隣接する溝間の部分が、10～35°の範囲内の頂角を有する突条として、形成されている請求項1乃至請求項3の何れかに記載の内面溝付伝熱管。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【技術分野】本発明は、冷凍機器や空調機器等に用いられる内面溝付伝熱管に係り、特に、伝熱流体の流通方向に拘らず優れた伝熱性能を発揮し得ると共に、伝熱性能に対する伝熱流体の流通方向による影響が大幅に低減され得る内面溝付伝熱管に関するものである。

## 【0002】

【背景技術】従来より、冷凍機や空調調装置等における蒸発器や凝縮器等の熱交換器にあっては、複数の伝熱管が、それぞれ所定の方向に配管されて、取り付けられており、それら複数の伝熱管内に流通せしめられる伝熱流体と各伝熱管の外面に接触せしめられる伝熱流体との間で、熱交換が行なわれて、該伝熱管内に導かれる伝熱流体が蒸発乃至は凝縮され得るようになっている。

【0003】そして、一般に、そのような熱交換器に取り付けられる伝熱管としては、管内面に螺旋溝が形成されてなる、所謂内面螺旋溝付管が採用されている。この内面螺旋溝付管にあっては、螺旋溝が形成されていることにより、管内を流通せしめられる伝熱流体の接触面積、即ち伝熱管の伝熱面積が増大せしめられる等して、管内熱伝達率が高められるようになっているのであるが、それだけでは、蒸発性能や凝縮性能の向上が十分に図られ得ず、そのために、期待される程の伝熱促進効果が得られなかった。

【0004】尤も、かかる内面螺旋溝付管においては、

螺旋溝の深さを深くして、隣接する螺旋溝の間に形成される突条（フィン）の高さを高く（ハイフィン化）したり、螺旋溝のピッチを狭くして、該突条の幅（厚さ）を小さく（スリムフィン化）したりすれば、蒸発性能や凝縮性能が、ある程度は、向上され得ることが知られている。しかしながら、そのようなハイフィン化やスリムフィン化には自ずと加工限界があり、また例え、そのような加工限界を越える範囲での加工が可能であっても、ハイフィン化やスリムフィン化が進むにつれて、蒸発性能や凝縮性能の向上の度合いが著しく鈍化してしまうため、そのようなハイフィン化やスリムフィン化によって伝熱促進効果を大幅に増大せしめることは、到底、望まれ得ないのである。

【0005】一方、実開昭57-183487号公報には、管軸に対して所定の傾斜角度をもって底部から頂部に向かって延びる複数の溝が、該管軸を含む管径方向の一つの仮想面に対して対称となるように、管内面において周方向に連続して形成された、恰も、松葉の如き形状を呈する溝構造（以下、松葉溝という）を有する内面溝付伝熱管（以下、内面松葉溝付伝熱管という）が開示されている。また、かかる公報においては、そのような内面松葉溝付伝熱管が、凝縮器に使用される場合に、管内面で凝縮した、伝熱流体としての冷媒の液滴が、前記複数の溝（松葉溝）内を底部側に向かって下向きに流れるように配置せしめられることによって、かかる冷媒液が、それぞれの溝を伝って伝熱管の底部側に速やかに導かれて、管内面が乾き易くなり、以て凝縮性能が向上せしめられる一方、蒸発器に用いられる場合には、冷媒液が複数の溝内を頂部に向かって上向きに流れるように配置せしめられることによって、冷媒液が、それぞれの溝を伝って伝熱管の頂部側に導かれて、該冷媒液の薄膜化がより有利に図られると共に、管内表面の乾きが抑制されて、充分な有効伝熱面積が確保され、以て蒸発性能が高められることが明らかにされている。

【0006】ところが、本発明者等の研究によれば、そのような内面松葉溝付伝熱管にあっては、従来の内面螺旋溝付管に比して優れた伝熱促進効果が得られるものの、ハイフィン化やスリムフィン化されてなる内面螺旋溝付管と比べると、伝熱促進効果において、さほど違いがなく、むしろ場合によっては、それよりも劣ることが確認されたのであり、それによって、前記公報に開示される内面松葉溝付伝熱管においても、実用上、十分に満足し得る程の伝熱促進効果が得られないことが、明らかとなったのである。

【0007】しかも、かかる内面松葉溝付伝熱管においては、前述の如く、蒸発器に用いられる場合には、冷媒液が松葉溝内を頂部に向かって上向きに流れるように、また凝縮器に用いられる場合には、冷媒液が松葉溝内を底部側に向かって下向きに流れる状態で、それぞれ配置せしめられるようにすることにより、初めて、蒸発性能

と凝縮性能とが共に高められるようになっていところから、伝熱性能を向上させる上で、松葉溝内での冷媒（伝熱流体）の流通方向が制限されるといった欠点を有していたのである。そして、そのため、蒸発器や凝縮器等の熱交換器を組み立てる際に、管内の松葉溝の傾斜方向を逐一確認しながら、各伝熱管の組付作業を進めなければならない、それが、熱交換器の製作性を著しく悪化させていたのである。

【0008】そこで、このような冷媒の如き伝熱流体の流通方向による伝熱性能の制限の解消を図った内面溝付伝熱管として、本発明者等は、先に、特願平8-43004号として、前述の如き構造を有する松葉溝の複数が管内面に形成されてなる伝熱管において、管内最大直径に対して、各松葉溝の溝深さを、特定の範囲内において、従来よりも深くなるように構成した内面溝付伝熱管を、明らかにした。そして、そのような内面溝付伝熱管にあっては、松葉溝の深さを従来よりも深くなるような構成を採用しているところから、伝熱管に対する溝付け加工の加工性を損なうことなく、伝熱性能が大幅に向上され得て、伝熱流体の流通方向に拘らず伝熱性能が向上せしめられ得るのである。

【0009】しかしながら、本発明者等が更に検討を加えたところ、そのような内面松葉溝付伝熱管にあっては、蒸発時には、伝熱流体の流通方向に拘らず、優れた伝熱性能が発揮されるものの、凝縮時には、伝熱流体の流通方向によって伝熱性能の改善効果が充分でないことが明らかとなった。また、この内面溝付伝熱管にあっては、伝熱流体の流通方向によって、発揮される伝熱性能の差が大きくなり易く、そのような伝熱管を熱交換器に取り付ける際には、方向性を考慮しないと、所定の伝熱性能を発揮させるための伝熱流体の流量のコントロールが、困難となり易いという問題も内在することが明らかとなった。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】ここにおいて、本発明は、かかる事情を背景にして為されたものであって、その解決課題とするところは、伝熱流体の流通方向に拘らず、優れた伝熱性能を発揮し得ると共に、蒸発伝熱性能及び凝縮伝熱性能に対する伝熱流体の流通方向による影響を大幅に削減し得る内面溝付伝熱管を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】そして、本発明者等は、そのような課題を解決するために種々の検討を重ねた結果、前述の如き、松葉溝の溝深さが特定の深さとされる内面溝付伝熱管において、管周方向において互い違いに、管軸に対して互いに異なる方向に傾斜する溝の少なくとも4本が形成される、換言すれば複数の松葉溝が管周方向に配置されてなる形態で形成されることにより、伝熱流体の流通方向に拘らず、優れた蒸発伝熱性能及び

凝縮伝熱性能が発揮され得、また、伝熱性能に対する伝熱流体の流通方向の影響が大幅に低減され得ることを見出したのである。

【0012】すなわち、本発明は、かかる知見に基づいて完成されたものであって、その特徴とするところは、管内面に、少なくとも4本以上の偶数本の、管軸方向に延びる仮想境界線を有し、該仮想境界線のそれぞれからそれを挟んだ両隣りの仮想境界線に向かって、多数の溝が、管軸に対して所定の角度を為して傾斜せる形態において、周方向に連続して形成され、且つ該仮想境界線を挟んでそれぞれ形成される両側の溝が、該仮想境界線を間にして互いに逆方向に傾斜していると共に、それら溝の溝深さ： $d$ の2倍と管内最大直径： $D$ との比率： $2d/D$ が0.05～0.1となるように構成されている内面溝付伝熱管にある。

【0013】要するに、本発明に従う内面溝付伝熱管にあっては、管内面において管軸方向に延びる、管周方向に所定間隔を隔てて位置する4本以上の仮想境界線のそれぞれから、それを挟んだ両隣りの仮想境界線に向かって、多数の溝が、管軸に対して所定の角度を為して傾斜せる形態において形成され、且つ前記仮想境界線を挟んでそれぞれ形成される両側の溝が、該仮想境界線を間にして互いに逆方向に傾斜するようにされているところから、伝熱流体の流通方向に拘らず、伝熱流体と溝との相互作用を同程度のものと為し得て、伝熱性能に対する伝熱流体の流通方向の影響が著しく低減され得るのである。

【0014】より詳細には、本発明に従う内面溝付伝熱管にあっては、前述の如き溝形態、即ち実開昭57-183487号公報に示される如き松葉溝形状の、互いに逆の傾斜形態の二つの溝からなる組合せが管周方向において複数配置されてなる溝形態が採用されているところから、伝熱流体が集中し易い仮想境界線部分と伝熱流体が分散し易い仮想境界線部分とが、管周方向において交互に、複数配列されることとなり、以て、そのように伝熱流体が集中し易い部分と伝熱流体が分散しやすい部分とが、管周方向において複数設けられていることにより、蒸発伝熱性能及び凝縮伝熱性能が共に効果的に向上せしめられ得ることとなるのである。

【0015】すなわち、蒸発時には、伝熱流体が集中し易い部分では、従来の管内螺旋溝付伝熱管には見られないような、伝熱流体、例えば液冷媒同士の衝突が生じる。そして、この衝突により、液冷媒の攪乱が促進され、それに伴って伝熱性能が促進されることとなるのである。次いで、衝突後の液冷媒は、衝突エネルギーにより飛散して、傾斜溝に沿って頂部方向へ向かう上向きの流れとなった場合には伝熱管の下面に落下し、また、傾斜溝に沿って頂部から底部への向かう下向きの流れとなった場合には気相に巻き上げられることとなる。この際に、飛散した液冷媒が冷媒蒸気をも攪乱することとな

り、より一層の伝熱促進効果が得られるのである。また、伝熱流体が分散し易い部分では、供給された液冷媒が薄い膜として環状に形成され易いために、液冷媒の膜の厚みによる伝熱阻害現象の発生が有利に低減されることとなる。更に、これらの現象は、冷媒液の流通方向に沿って、十分に短い周期で繰り返されるところから、従来の内面螺旋溝付伝熱管と比べて、液冷媒の大きな攪乱効果が有利に得られて、優れた伝熱性能が発揮され得るのである。

【0016】一方、凝縮時には、伝熱流体が分散され易い部分から、伝熱流体の流通方向に沿って下り勾配を有する傾斜溝によって、凝縮した伝熱流体、例えば液冷媒を効果的に排除することによって、管内表面への新生面の露出が促進されることとなり、顕著な伝熱促進作用が発揮され得るのである。また、排除された液冷媒は、隣り合う上り勾配を有する溝に沿った液冷媒の流れと衝突することとなるところから、そのように液冷媒同士の衝突によって飛沫となった液冷媒が気相をも攪乱することとなり、凝縮がより一層促進されて、優れた伝熱性能が発揮され得るのである。

【0017】このように、本発明に従う内面溝付伝熱管にあつては、伝熱流体の一流通方向において、優れた蒸発伝熱性能及び凝縮伝熱性能を、それぞれ有効に発揮し得るのである。しかも、その伝熱流体が集まりやすい部分と伝熱流体が分散され易い部分とは、伝熱流体の流通方向を逆にすると、それぞれが入れ代わることとなるので、上述の作用は、伝熱流体の流通方向に影響されることがないのである。

【0018】また、本発明に従う内面溝付伝熱管にあつては、管内最大直径：Dに対する溝深さ：dの2倍の比： $2d/D$ が0.05～0.1の範囲内となるように形成されて、管内最大直径に対する各傾斜溝の溝深さが、特定の範囲内で、従来よりも深くなるように構成されているところから、溝付け加工の加工性を損なうことなく、蒸発性能と凝縮性能とが、何れも、効果的に高められ得るという長所も有しているのである。

【0019】そして、そのような本発明に従う内面溝付伝熱管の好ましい態様によれば、前記溝の溝深さ：dの2倍と前記管内最大直径：Dとの比率： $2d/D$ は、0.058～0.087の範囲内とされることがとなる。そのような構成を有する内面溝付伝熱管においては、その蒸発性能と凝縮性能とが、より一層向上せしめられ得るのである。

【0020】さらに、本発明に従う内面溝付伝熱管の別の好ましい態様によれば、前記仮想境界線の本数は、4～10の範囲の偶数本とされ、そのような構成を採用することによって、優れた伝熱性能を保ちつつ、より一層安定な伝熱性能が発揮され得るのである。

【0021】更にまた、本発明に従う内面溝付伝熱管において、前記溝の管周方向におけるピッチは、有利に

は、0.35～0.50mmの範囲内とされると共に、該溝の前記管軸に対する傾斜角度は5～45°の範囲内とされ、且つ隣接する溝間の部分は、10～35°の範囲内の頂角を有する突条として形成される。これによって、伝熱管の伝熱性能が更に一段と高められ得て、より一層大きな伝熱促進効果が得られることが期待され得るのである。

#### 【0022】

【発明の実施の形態】ところで、図1乃至図2には、本発明に従う構造とされた内面溝付伝熱管の一具体例が示されている。かかる内面溝付伝熱管10は、全体として、円形断面の直管形状を呈しており、その外周面が平滑面とされている一方、内周面には、多数の溝12が設けられている。

【0023】より具体的には、図1からも明らかなように、内周面に設けられる多数の溝12は、断面（管軸に対して垂直な断面）が底部に向かうに従って狭幅となる台形状をもつて構成されている。また、図2に示される如く、かかる多数の溝12にあつては、4本の仮想境界線14a、14b、14c、14dにて分割された分割面16a、16b、16c、16dのそれぞれにおいて、周方向に連続し、且つ管軸方向に互いに所定間隔において、隣接する溝12、12間に突条18を形成しつつ、設けられていると共に、前記仮想境界線14a、14b、14c、14dのそれぞれからそれを挟んだ両隣の仮想境界線14d及び14b、14a及び14c、14b及び14d、14c及び14aに向かって、前記管軸に対して所定の傾斜角度を為して、形成されている。更に、前記仮想境界線14a、14b、14c、14dを挟んだ両側にそれぞれ形成される溝12、12は、該仮想境界線14a、14b、14c、14dを間にして互いに逆方向に傾斜しており、この仮想境界線14a、14b、14c、14d上において、各溝12が突き合わさる部分では、V字型若しくは逆V字型の折曲点20、20、20、20がそれぞれ形成されている。要するに、それら多数の溝12は、互いに独立した閉流路形態を有しており、それぞれの溝12が、内面溝付伝熱管10の管内面において、周方向に連続し、且つ管軸方向に対して傾けられて形成され、管周方向に所定間隔を隔てて位置する4本の仮想境界線14a、14b、14c、14d上においてV字状に折曲せしめられてなる、全体として、松葉溝の複数が管周方向において配置されてなる形態の溝構造をもつて、構成されているのである。

【0024】そして、特に、そのような松葉溝構造を有する溝12が形成されてなる内面溝付伝熱管10にあつては、管内最大直径〔図2(a)において、Dにて示される寸法〕に対する溝12の溝深さ〔図2(a)において、dにて示される寸法〕の2倍の比： $2d/D$ が0.05～0.1の範囲内とされているのであり、この点に

において、従来の内面松葉溝付管とは、その構成が著しく異なっており、またそのような構成を有していることによって、従来の伝熱管には見られない優れた特徴が有利に発揮され得るようになってきているのである。即ち、かかる $2d/D$ 値が0.05以上となるように規定されていることによって、溝12が、従来の伝熱管に形成される松葉溝よりも深い溝深さをもって構成され、以て蒸発性能と凝縮性能とが、何れも効果的に高められ得るようになってきているのであり、また、 $2d/D$ 値が0.1以下に制限されていることによって、そのような溝12が、分割面16a、16b、16c、16dに対して、良好な加工性をもって、容易に形成され得るようになってきているのである。

【0025】また、本具体例では、仮想境界線14が、4本であるものが示されているが、この仮想境界線の本数は、4以上の偶数本であれば何本であっても、何等差支えない。なお、ここで仮想境界線の本数が偶数本に限定されているのは、仮想境界線の本数が奇数本である場合には、分割面の数が奇数となるところから、分割面に形成される全ての溝12を、管周方向において互いに逆の傾きとなるように配置することが出来なくなるからであり、以て同じ傾斜方向の溝が隣り合う部分において、伝熱性能の効率が低下するからである。また、かかる仮想境界線の本数は、4～10の範囲内の偶数本とされることが好ましい。けだし、仮想境界線の本数が2本の場合には、伝熱性能に対する伝熱流体の流通方向の影響が大きくなり易く、熱交換器に対して伝熱管を適切な方向に組み付けないと、凝縮伝熱性能の改善が不充分となるからであり、また仮想境界線の本数が12以上の偶数本である場合には、伝熱性能に対する伝熱流体の流通方向の影響はなくなるものの、従来の螺旋溝を有する伝熱管に対する伝熱促進効果が、却って損なわれ易くなるからである。

【0026】さらに、かかる内面溝付伝熱管10にあっては、特に、 $2d/D$ 値が0.058～0.087の範囲内となるように構成されることが、望ましい。何故なら、 $2d/D$ 値が、そのような特定の範囲内とされていることによって、伝熱性能の向上がより一層図られ得て、従来の伝熱管よりも優れた伝熱性能が有利に発揮され得ることとなるからである。なお、図2、更には後述する図3及び図4においては、溝12の形状を強調するために、該溝12が、伝熱管10全体の拡大率よりも大きな拡大率をもって描かれており、そのために、管内最大直径に対する溝12の溝深さの比： $2d/D$ が、それらの図面上において、本発明に規定されるよりも大きくなっていることが理解されるべきである。

【0027】ところで、本具体例では、上述の如き特徴的な溝構造を有する溝12の断面形状が、台形形状とされていたが、そのような溝12の断面形状は、何等これに限定されるものではなく、V字形状等、従来、螺旋溝

構造や松葉溝構造に採用される各種の形状が何れも採用され得るのである。

【0028】また、かかる溝12の管周方向におけるピッチ（図1において、Pにて示される寸法）も、特に限定されるものではないものの、0.35～0.50mm程度とされていることが望ましい。けだし、かかるピッチが0.35mmよりも小さいと、溝12の溝幅（開口幅）が小さくなり過ぎて、凝縮器に用いられる場合において、溝12が、伝熱流体たる冷媒の凝縮液によって液没し易くなり、それによって、凝縮性能の向上が期待され得なくなるからであり、また、0.50mmよりも大きなピッチとなると、伝熱管10の管内面における単位面積当たりの溝12の形成数が少なくなり、多数の溝12の形成によって得られる、伝熱流体の管内面に対する接触面積、即ち伝熱管10の伝熱面積の増大効果が低減し、以て顕著な蒸発性能の促進が為され得なくなるからである。

【0029】さらに、かかる溝12の管軸に対する傾斜角度（図2において、 $\theta$ にて示される角度）は、冷媒液や冷媒蒸気等の伝熱流体の流速、即ち管内における伝熱流体の滞留時間等を考慮した上で、適宜に決定されるものであるが、ここでは、かかる傾斜角度が、有利には、5～45°程度とされる。

【0030】何故なら、前述したように、溝12にあっては、管周方向に連続する状態で、管軸方向に傾けられて形成されていると共に、管周方向において、4本の仮想境界線14a、14b、14c、14d上のそれぞれにおいて、V字状に折曲せしめられて、構成されていることから、伝熱管10が熱交換器に取り付けられる際に、かかる溝12における、それら四つの折曲部、即ち前記四つの折曲点20、20、20、20をそれぞれ有する部分のうち、該伝熱管10内における伝熱流体の流通方向前方側に位置する、二つの折曲点20、20部分において、溝12内を伝って流れる伝熱流体が集中し易くなる一方、伝熱流体の流通方向後方側に位置する、残り二つの折曲点20、20部分において、該伝熱流体が分散し易くなる。そのため、伝熱管10が凝縮器や蒸発器に用いられる際に、溝12のある分割面16部分を伝って流れる伝熱流体とそれと隣り合う分割面16を伝って流れる伝熱流体とが、それら伝熱流体が集中し易い溝12の折曲点20部分において、激しく衝突せしめられ、それによって、伝熱流体の攪乱作用が促進されると共に、伝熱流体が飛散し、その伝熱流体の飛沫によって伝熱流体の蒸気が攪乱され、以て凝縮性能と蒸発性能とが、何れも高められ得るようになってきている。しかも、そのような伝熱性能の向上効果は、伝熱流体同士の衝突による伝熱流体の攪乱作用と、かかる衝突に伴って飛散される飛沫した伝熱流体による伝熱流体蒸気の攪乱作用とが、伝熱流体の流通方向に沿って十分に短い周期で繰り返されることによって、より増大せしめられるようにな

っているのである。

【0031】従って、溝12の管軸に対する傾斜角度は、上述の如き伝熱流体同士の衝突の周期を充分に短く為す上で、換言すれば、かかる周期が必要以上に長くないように、その下限値が、 $5^{\circ}$ 程度とされていることが望ましいのである。また、かかる傾斜角度が大きくなる程、伝熱流体同士の衝突の周期は短くなるものの、傾斜角度が余りに大きいと、溝12内を伝って流れる伝熱流体が伝熱管10の頂部まで導かれ難くなることから、その上限値が、有利には、 $45^{\circ}$ 程度とされるのである。

【0032】また、前述の如く、本具体例では、多数の溝12が、管内面における各分割面16a、16b、16c、16dにおいて形成される溝12のそれぞれが溝12の間の仮想境界線14a、14b、14c、14dに対して対称となる状態において、形成されているが、溝12の形態は、何等、そのような対称なものに限定されるものではなく、各分割面16a、16b、16c、16dにおいて、仮想境界線14に対して非対称となるように形成されていても良い。即ち、図3(a)或いは図3(b)に示される如く、管内面の分割面16aと分割面16bとにおいて、或いは分割面16cと分割面16dとにおいて、管軸に対する傾斜角度がそれぞれ異ならしめられた状態で、多数の溝12を形成することも可能なのである。これによって、管内面の分割面16aと分割面16bとにおいて、或いは分割面16cと分割面16dとにおいて、溝12を伝って流れる伝熱流体の流速や該溝12内に形成される液膜の厚さ等に著しい差異が生ぜしめられて、各分割面16a、16b、16c、16dにおいて、仮想境界線14a、14b、14c、14dに対して対称的な溝12を形成した場合に比して、力学的エネルギーのバランスが大きく崩れ、その結果、伝熱流体、例えば冷媒液及び冷媒蒸気の攪乱作用が一層促進せしめられて、伝熱性能が更に大きく向上され得ることとなるのである。

【0033】なお、ここでは、分割面16a或いは分割面16dにおける溝12の傾斜角度(図3において、 $\theta_1$ にて示す角度)が、分割面16b或いは分割面16cにおける溝12の傾斜角度(図3において、 $\theta_2$ にて示す角度)よりも大きくされているが、その逆となるように構成されていても、何等差支えない。また、ここでは、分割面16aと分割面16dとにおいて、また分割面16bと分割面16cとにおいて形成される、溝12の管軸方向に対する傾斜角度が、それぞれ等しくされているが、分割面16aと分割面16cとにおいて、また分割面16bと分割面16dとにおいて形成される、溝12の管軸方向に対する傾斜角度が、それぞれ等しくなるように形成されていても、何等差支えないのである。更に、分割面16a、16b、16c、16dのそれぞれにおいて形成される溝12の管軸方向に対する傾斜角

度が全て異なるように形成されていてもよい。また、そのように、管内面における各分割面16a、16b、16c、16dにおいて、溝12の傾斜角度を異ならしめる場合にあっては、必ずしも全ての仮想境界線14a、14b、14c、14dにおいて、溝12の折曲点20が形成されるように構成しなくてもよい。即ち、溝12が、仮想境界線14a、14b、14c、14dの何れかにおいて、始点と終点とのそれぞれを有する帯状の全体形状をもって構成することも可能なのである。加えて、溝12の傾斜角度は、前述の如き理由により、 $5\sim 45^{\circ}$ の範囲内とされていることが望ましいが、特に、溝12が、各分割面16a、16b、16c、16dにおいて、同一の傾斜角度をもって形成されている場合においては、その傾斜角度が $15\sim 25^{\circ}$ 程度とされているのが、より適当である。

【0034】さらに、本発明における内面溝付伝熱管10にあっては、管軸方向において溝12を形成する間隔を、分割面毎に変化させてもよい。即ち図4に示されるように、分割面16b及び分割面16cにおいて形成される溝12の間隔が、分割面16a及び分割面16dに形成される溝12の間隔よりも広くても、何等差支えないのである。そして、このように一部の分割面(16)において、溝12が間引かれて形成されることによって、伝熱管内を流通せしめられる伝熱流体の流れが有利に攪乱されることとなるところから、伝熱性能の向上がより一層図られ得るのである。

【0035】また、隣接する溝12、12間に形成される突条18の頂角(図1において、 $\gamma$ にて示される角度)、即ち、隣接する二つの溝12、12における四つの側壁部のうち、互いに隣合う二つの側壁部のなす角の大きさが、 $10\sim 35^{\circ}$ の範囲内とされていることが、望ましい。けだし、かかる頂角の大きさが $10^{\circ}$ よりも小さい突条18を形成すること、換言すれば、そのような突条18を間に挟むようにして、多数の溝12を管内面に溝付け加工することが、極めて困難であるばかりでなく、例えそれが加工され得ても、複数の伝熱管10を一体的に組み付けて、熱交換器を組み立てる際の伝熱管10に対する拡張操作時において、突条18が潰れて、溝12の深さが小さくなったり、或いは溝12の開口部が閉塞したりする恐れがあるからである。また、頂角の大きさが $35^{\circ}$ よりも大きい場合には、管内面の単位面積当たりの溝12の形成数が少なくなり、伝熱管10の伝熱面積が減少すると共に、凝縮時における伝熱流体の凝縮液の保持容積が小さくなり、それによって、伝熱性能の向上が望め得なくなるからである。

【0036】さらに、そのような突条18の断面形状(管軸に対して垂直な断面形状)も、本具体例の如き台形形状に何等限定されるものではないが、溝12の形状等により、ある程度規定されることや、突条18の頂部における液切れ性等を考慮すると、そのような台形形状

や三角形形状とされるのが適当である。

【0037】このように、本発明に従う内面溝付伝熱管にあっては、各分割面に形成される溝12の形態につき、前述した溝深さ(d)、溝リード角( $\theta$ )、突条の頂角( $\gamma$ )、管軸方向の単位長さにおける溝数、或いは仮想境界線の間隔等を、それぞれの分割面において変化させた、様々な形態において形成され得るものであり、そのような様々な形態の溝構造の具体例の幾つかが図5に示されている。即ち、かかる図5には、様々な溝構造を有する、本発明に従う各種内面溝付伝熱管10をそれぞれ展開して、管内面の溝12の形態が模式的に表わされているのである。より詳細には、ここに示される内面溝付伝熱管は、仮想境界線14の本数が6本のものであり、図5(a)には、管周方向において交互に、溝深さ(d)、溝リード角( $\theta$ )、突条の頂角( $\gamma$ )、管軸方向の単位長さにおける溝数に変化せしめられた内面溝付伝熱管の例が示されている。また、図5(b)には、管周方向において交互に、溝形成部の幅を変化させた内面溝付伝熱管10の例が示されている。更に、図5(c)には、管周方向において二つの分割面毎に、溝深さ(d)、溝リード角( $\theta$ )、突条の頂角( $\gamma$ )、管軸方向の単位長さにおける溝数等を変化させた内面溝付伝熱管10の例が示されている。更にまた、図5(d)には、図5(a)に示された内面溝付伝熱管10の管周方向において交互に、仮想境界線の間隔を変化させた例が示されている。

【0038】そして、このように溝12を非対称的に形成することによって、基本的な作用・効果は、前記した各具体例の内面溝付伝熱管10と変わらないが、以下に示すような作用、延いては効果が付加される。すなわち、非対称に形成された隣り合う溝に挟まれる仮想境界線上においては、溝深さ(d)、溝リード角( $\theta$ )、突条の頂角( $\gamma$ )、管軸方向の単位長さにおける溝数、仮想境界線の間隔等が、それぞれ異ならしめられているところから、非対称の溝のそれぞれを流れる伝熱流体の流速、或いは溝12の表面に形成される伝熱流体の液膜の厚さ等が異なることとなり、溝の形態を対称とした場合に比べて、力学的なエネルギーのバランスが大きく崩れることとなり、伝熱流体、例えば冷媒液(液相)や冷媒蒸気(気相)の攪乱効果がより一層促進されて、以て伝熱性能が更に向上せしめられることとなるのである。

【0039】ところで、前記の如き構造とされた内面溝付伝熱管10にあっては、その複数本が、従来の内面松葉溝付伝熱管と同様に、予めプレス成形されたフィンストックに対して、並列形態をもって水平に配管された状態で、拡張装着されて、一体的に組付けられ、それによって、凝縮器や蒸発器等の熱交換器が構成されるようになっていのである。

【0040】なお、本発明に従う内面溝付伝熱管10は、溝12内での冷媒液や冷媒蒸気等の伝熱流体の流通

方向に関係なく、優れた伝熱性能が発揮され得るものであるところから、上記の如くして、本発明に従う内面溝付伝熱管10の複数本を組み付けて熱交換器を構成するに際しては、各伝熱管10を、各伝熱管10の溝12内を伝熱流体たる冷媒液や冷媒蒸気が任意の方向に流れるように配置せしめても、換言すれば、各伝熱管10を、その溝方向を考慮することなしに、無作為に配置しても、構成される熱交換器において、従来装置よりも優れた伝熱性能が有利に発揮され得るのである。従って、本発明に従う内面溝付伝熱管10を用いれば、優れた伝熱性能は勿論、良好な製作性を有する熱交換器が有利に得られることとなり、しかも得られる熱交換器の伝熱性能は安定したものとなるのである。

【0041】ところで、上述の如き特徴的な溝12を多数有する内面溝付伝熱管10は、有利には、図6に示される如き圧延加工・造管装置30を用いて、以下の如くして作製されることとなる。

【0042】即ち、図6からも明らかなように、先ず、銅又は銅合金からなる、伝熱管素材としての帯板32を、圧延加工・造管装置30の入口側に配設された一対のガイドロール34の間に挟んだ状態で、図示しない駆動ロールにより、長さ方向の一方(図6中、矢印方向)に連続的に移動せしめる。そして、該装置30において、帯板32の移動方向前方側に配置された圧延ロール36と支持ロール38との間で、該帯板32を挟み、且つ所定の圧力にて押圧して、圧延加工せしめる。なお、この圧延ロール36の外周面には、目的とする伝熱管10の管内面に形成される溝12に対応する突条が多数形成されている。これによって、かかる圧延ロール36による圧延加工時において、帯板32の一方の面上に、多数の溝12を、目的とする伝熱管10の管内面に展開した傾斜形態をもって、形成するのである。

【0043】次いで、圧延ロール36よりも、帯板32の移動方向前方側に配置された9対の成形ロール40、42、44、46、48、50、52、54、56により、上述の如き構造を有する多数の溝12が形成される面を内側にして、帯板32を管状に成形した後、一対のシームガイドロール57、57にて更に前方側に導き、そしてその後、かかる成形により互いに対向位置せしめられた帯板32の幅方向両端縁部同士を高周波誘導コイル58にて高周波誘導溶接し、以て連続する一本の管体60を成形する。

【0044】さらに、その後、かかる管体60を、一対のスライズロール62により、縦断面略真円形状となるように、形状を整えた後、必要に応じて、所定の長さにて切断する。かくして、管内面に、前述の如き特徴的な構成を有する溝12が多数形成されてなる内面溝付伝熱管10を作製するのである。

【0045】

【実施例】以下に、本発明の幾つかの実施例を示し、本



発明を更に具体的に明らかにすることとするが、本発明が、そのような実施例の記載によって、何等の制約をも受けるものでないことは、言うまでもないところである。また、本発明には、以下の実施例の他にも、更には上記の具体的記述以外にも、本発明の趣旨を逸脱しない限りにおいて、当業者の知識に基づいて種々なる変更、修正、改良等を加え得るものであることが、理解されるべきである。

【0046】先ず、前記で説明せるように、多数の溝が管内面に形成されると共に、下記表1に示されるような寸法諸元を有して構成され、且つ仮想境界線の本数が4～10の範囲の偶数本とされると共に、それら多数の溝の溝深さ： $d$ と管内最大直径： $D$ との比： $2d/D$ 値が

本発明において規定される特定の範囲内とされた、本発明例1～5の内面溝付伝熱管（内面松葉溝付伝熱管）を準備した。なお、下記表1及び後述する表2において、溝ピッチは、管周方向における溝のピッチを、また頂角は、隣接する溝の間に形成される突条の頂角の大きさを、更に傾斜角は、溝の管軸に対する傾斜角度の大きさを、それぞれ示す。また、条数は、1周当たりの溝の条数、即ち、管軸に垂直な断面において、その端面に形成される溝の数を示す。更に、仮想境界線の本数は、仮想的に分割された管内面の境界線の本数を示している。

【0047】

【表1】

表 1

		本 発 明 例				
		1	2	3	4	5
溝形態		松葉溝	松葉溝	松葉溝	松葉溝	松葉溝
寸 法 諸 元	外径 (mm)	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
	底肉厚 (mm)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
	溝深さ (mm)	0.25	0.25	0.25	0.20	0.25
	頂角 (度)	30	30	30	30	30
	傾斜角 (度)	18	18	18	18	18
	条数 (条)	54	54	54	54	54
	$2d/D$	0.078	0.078	0.078	0.063	0.078
	仮想境界線本数 (本)	10	8	6	6	4

【0048】次いで、比較のために、それら本発明例1～5と略同様な多数の松葉溝が管内面に形成されると共に、下記表2に示されるような寸法諸元を有して構成されるものの、 $2d/D$ 値が本発明の範囲外とされた内面溝付伝熱管（内面松葉溝付管）、或いは前記仮想境界線の本数が本発明の範囲外とされた内面溝付伝熱管（内面松葉溝付管）を準備し、それぞれ比較例1、比較例2とした。また、それとは別に、下記表2に示される寸法諸

元を有して構成されるものの、 $2d/D$ 値及び仮想境界線の本数が本発明の範囲外とされた内面溝付伝熱管を準備し、これを比較例3とした。更に、管内面に螺旋溝が設けられると共に、下記表2に示される如き寸法諸元を有して構成された、内面溝付伝熱管（内面螺旋溝付管）を準備し、これを比較例4とした。

【0049】

【表2】

表 2

		比 較 例			
		1	2	3	4
溝形態		松葉溝	松葉溝	松葉溝	螺旋溝
寸 法 諸 元	外径 (mm)	7.0	7.0	7.0	7.0
	底肉厚 (mm)	0.30	0.31	0.30	0.25
	溝深さ (mm)	0.15	0.25	0.15	0.18
	頂角 (度)	30	30	30	40
	傾斜角 (度)	18	18	18	18
	条数 (条)	54	54	54	50
	$2d/D$	0.047	0.078	0.047	0.055
	仮想境界線本数 (本)	6	2	2	—

【0050】次いで、それら準備された9種類の内面溝付伝熱管（本発明例1～5及び比較例1～4）と、図7に示される如き伝熱性能試験装置と、更に伝熱流体として冷媒のフロン（R22）とを用い、かかる伝熱性能試験装置のテストセクションに対して、各種伝熱管を、単管で組み付けて、下記表3に示される如き試験条件により蒸発性能試験及び凝縮性能試験を行なった。なお、伝熱性能試験装置のテストセクションへの各伝熱管の配置方向としては、伝熱管に対して伝熱流体がそれぞれ異なる

る向きに流通せしめられるような2種類の配置方向を採用した。また、それら凝縮性能試験と蒸発性能試験における試験区間長さは、4mとした。更に、冷媒質量速度には、実機運転条件と略等しい冷媒質量速度として、 $200\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、或いは $260\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ の条件を採用した。

【0051】

【表3】

表 3

試験 種類	伝熱流体（冷媒：R22）						環状部流体（水）	
	圧力(MPa)*		温度(℃)				流量 (L/h)	温度 (℃)
	入口	出口	飽和 温度	過熱度	過冷 却度	膨張弁前 温度		
凝縮	1.84	—	50	40	5	—	580	35～50
蒸発	—	0.43	2	5	—	39	580	5～15

\*：ゲージ圧力（ $1\text{MPa}=10.1978\text{kgf}/\text{cm}^2$ ）

【0052】そして、前述の如き蒸発性能試験と凝縮性能試験にて得られた結果から、各冷媒質量速度での、比較例4の管内熱伝達率に対する本発明例1～3及び本発

明例5の各管内熱伝達率の比と、比較例2の管内熱伝達率の比とを、それぞれ算出した。即ち、一般的な寸法諸元を有する内面螺旋溝付管に対する、仮想境界線の本数

が各々異なる内面松葉溝付伝熱管の、各冷媒質量速度条件における伝熱促進比を、それぞれ算出して、仮想境界線の本数との関係を調べた。そして、その結果を、蒸発時の伝熱促進比については図8に、凝縮時の伝熱促進比については図9に示した。なお、図8、図9中、○は冷媒質量速度を $200 \text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ とした時の比較例4に対する伝熱促進比の最大値を、△は冷媒質量速度を $260 \text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ とした時の比較例4に対する伝熱促進比の最大値を、●は冷媒質量速度を $200 \text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ とした時の比較例4に対する伝熱促進比の最小値を、▲は冷媒質量速度を $260 \text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ とした時の比較例4に対する伝熱促進比の最小値を示している。

【0053】この図8に示される結果から明らかなように、比較例2の内面溝付伝熱管では蒸発伝熱性能に対する伝熱流体の流通方向の影響が大きかったのに対して、本発明に従う内面溝付伝熱管では伝熱流体の流通方向に拘らず、安定した蒸発伝熱性能が発揮され得ることが確認されたのである。即ち、グラフに示される各冷媒質量速度における伝熱促進比の最大値と最小値との差は、伝熱性能に対する伝熱流体の流通方向の影響の大きさを示すものであるが、仮想境界線の本数が2本である比較例2の内面溝付伝熱管では伝熱促進比の最大値が最も大きい反面、伝熱促進比の最小値が小さく、伝熱促進比の最大値と最小値との差が最も大きくなり、蒸発伝熱性能に対する伝熱流体の流通方向の影響が大きかったのに対して、本発明例の内面溝付伝熱管では伝熱促進比の最大値と最小値が同程度となり、伝熱性能に対する伝熱流体の流通方向の影響を殆ど無くすることが出来たのである。また、冷媒質量速度を $260 \text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ とした場合には、仮想境界線の本数が4～6の範囲において、最大伝熱促進比が減少する反面、最小伝熱促進比が増加する傾向が示された。

【0054】一方、凝縮伝熱性能に関しては、図9に示されるグラフから明らかなように、比較例2の内面溝付伝熱管では、伝熱促進比の最大値が最も大きくなる反面、伝熱促進比の最小値が最も小さくなり、伝熱促進比の最大値と最小値の差が最大、換言すると伝熱性能に対する伝熱流体の流通方向の影響が最大となるのに対して、本発明例1～3及び本発明例5の内面溝付伝熱管にあっては、仮想境界線の本数を増加させるに従って、伝熱促進比の最大値と最小値との差が小さくなり、伝熱性能に対する伝熱流体の流通方向の影響が小さくなる傾向が確認された。しかも、冷媒質量速度を $260 \text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ とした場合だけでなく、 $200 \text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ とした場合にも、仮想境界線の本数が4～6の範囲において、伝熱促進比の最小値が増加することが示され、本発明に従う内面溝付伝熱管による凝縮伝熱性能の向上が確認されたのである。

【0055】このように、本発明に従う内面溝付伝熱管

にあっては、蒸発時及び凝縮時の伝熱促進比の最小値が増加せしめられていると共に、伝熱促進比の最大値と最小値との差が減少せしめられる、換言すれば伝熱性能に対する伝熱流体の流通方向の影響が減少せしめられ得ることが明らかとされたのである。

【0056】また、比較例2の如き、高い $2d/D$ 値を有する伝熱管にあっては、蒸発伝熱性能が最低となっても、従来の螺旋溝を有する内面溝付伝熱管（比較例4）と比べて2倍近い伝熱性能を発揮するものの、凝縮伝熱性能が最低となると、伝熱性能の向上が殆ど図られ得ないのであるが、それに対して、本発明例の管内溝付伝熱管では、蒸発時及び凝縮時、共に、その最低の伝熱性能が向上せしめられており、特に凝縮性能の最低値が比較例2のそれを上回っている点は注目すべきである。

【0057】次に、前述の如き蒸発性能試験と凝縮性能試験にて得られた結果から、各冷媒質量速度での、比較例4の管内熱伝達率に対する本発明例3及び本発明例4の各管内熱伝達率の比と、比較例1の管内熱伝達率の比とを、それぞれ算出した。即ち、一般的な寸法諸元を有する内面螺旋溝付管に対する、仮想境界線の本数が6本で、 $2d/D$ 値がそれぞれ異なる内面松葉溝付伝熱管の、各冷媒質量速度条件における伝熱促進比を、それぞれ算出した。そして、その算出値を基に回帰計算を行ない、かかる内面松葉溝付伝熱管の内面螺旋溝付管に対する、蒸発伝熱促進比及び凝縮伝熱促進比と $2d/D$ 値との関係を調べた。そして、その結果を、蒸発性能については図10に、凝縮性能については図11に示した。なお、図10、図11中、○は冷媒質量速度を $200 \text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ とした時の管内熱伝達率の比較例4の管内熱伝達率に対する伝熱促進比を、△は冷媒質量速度を $260 \text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ とした時の管内熱伝達率の比較例4の管内熱伝達率に対する伝熱促進比を、それぞれ示している。

【0058】かかる図10に示される結果から明らかなように、蒸発時の伝熱促進比に対する $2d/D$ 値の影響は冷媒質量速度が大きい程、顕著であり、伝熱促進比は、 $2d/D$ 値が $0.068 \leq 2d/D \leq 0.07$ の範囲において、ピークとなった。従って、蒸発性能のみに関して言えば、 $2d/D$ 値がこの範囲の値とされることが好ましい。一方、凝縮時の伝熱促進比に対する $2d/D$ 値の影響も、図11に示された結果から明らかなように、冷媒質量速度が大きい程、顕著であった。

【0059】そして、この図10及び図11においては、蒸発時の伝熱促進比が1以上の条件を満足する $2d/D$ 値の範囲は、 $0.05 \leq 2d/D \leq 0.087$ であり、凝縮時の伝熱促進比が1以上の条件を満足する $2d/D$ 値の範囲は、 $0.058 \leq 2d/D$ であることから、ここで試験された仮想境界線が6本の管内溝付伝熱管にあっては、 $2d/D$ 値の範囲が、 $0.058 \leq 2d/D \leq 0.087$ の範囲とされることによって、蒸発時

及び凝縮時において伝熱性能が有利に向上せしめられることが確認された。

【0060】

【発明の効果】以上の説明からも明らかなように、本発明に従う内面溝付伝熱管にあっては、仮想境界線によって分割された分割面において形成される溝が、管周方向において互い違いの傾斜方向を有するように形成されているところから、伝熱流体の流通方向に拘らず、優れた伝熱性能が発揮され得ると共に、伝熱性能に対する伝熱流体の流通方向の影響が著しく低減され得るのである。そして、そのように伝熱性能に対する伝熱流体の流通方向の影響が著しく低減されることによって、かかる内面溝付伝熱管を熱交換器に組み付ける際に、特に溝の方向を考慮しなくても、得られる熱交換器の伝熱性能を安定なものとするのが容易に出来得るのである。

【0061】また、溝の溝深さ： $d$ の2倍と管内最大直径： $D$ との比率： $2d/D$ が0.05～0.1となるように構成されているところから、従来の伝熱管に比して、より優れた伝熱性能が有利に発揮され得、それによって、伝熱促進効果が大幅に且つ効果的に増大され得るのである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従う構造とされた内面溝付伝熱管の一例を示す、管軸に垂直な横断面における要部拡大断面説明図である。

【図2】図1に示される内面溝付伝熱管の縦断面を示す要部拡大断面説明図であって、(a)は、その左半断面を、また(b)は、その右半断面を、それぞれ示す。

【図3】本発明に従う内面溝付伝熱管の別の例を示す図2に対応する図である。

【図4】本発明に従う内面溝付伝熱管の更に別の例を示す図2に対応する図である。

【図5】本発明に従う内面溝付伝熱管を展開した際に、管内面上に形成されている溝のパターンを模式的に示す説明図である。

【図6】図1に示される内面溝付伝熱管を製造するための圧延加工・造管装置を概略的に示す説明図である。

【図7】各種伝熱管の伝熱性能を測定する試験装置を概略的に示す説明図である。

【図8】実施例において得られた、従来の内面螺旋溝付管に対する本発明に従う内面松葉溝付伝熱管の、所定の冷媒質量速度条件下での蒸発伝熱促進比と仮想境界線の本数との関係を示すグラフである。

【図9】実施例において得られた、従来の内面螺旋溝付管に対する本発明に従う内面松葉溝付伝熱管の、所定の冷媒質量速度条件下での凝縮伝熱促進比と仮想境界線の本数との関係を示すグラフである。

【図10】実施例において得られた、従来の内面螺旋溝付管に対する本発明に従う内面松葉溝付伝熱管の、所定の冷媒質量速度条件下での蒸発伝熱促進比と $2d/D$ 値との関係を示すグラフである。

【図11】実施例において得られた、従来の内面螺旋溝付管に対する本発明に従う内面松葉溝付伝熱管の、所定の冷媒質量速度条件下での凝縮伝熱促進比と $2d/D$ 値との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

10 内面溝付伝熱管

12 溝

14、14a、14b、14c、14d 仮想境界線

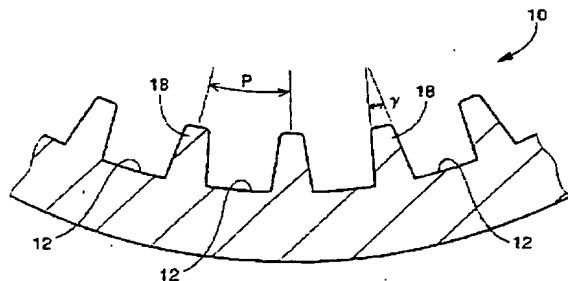
16、16a、16b、16c、16d 分割面

18 突条

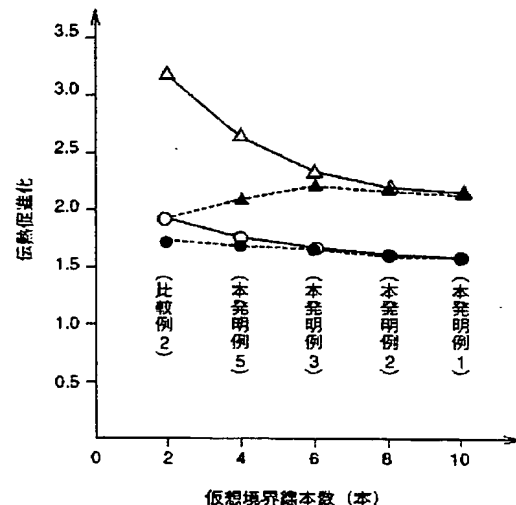
20 折曲点

30 圧延加工・造管装置

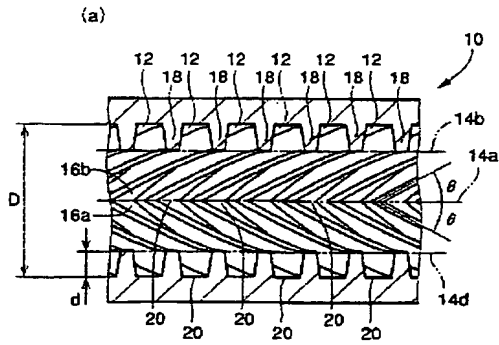
【図1】



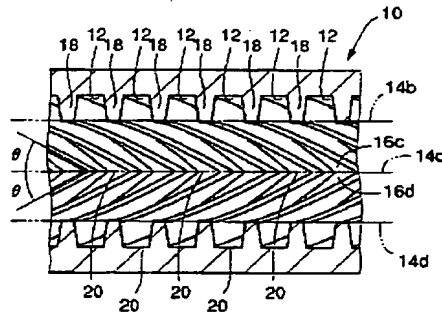
【図8】



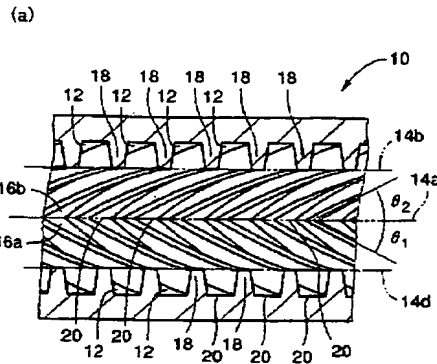
【図2】



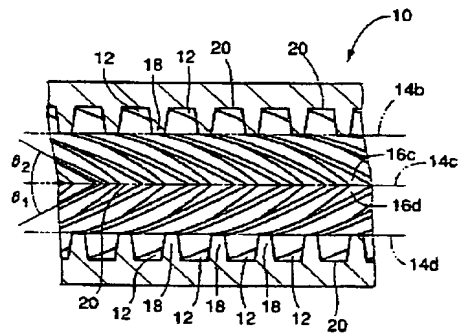
(b)



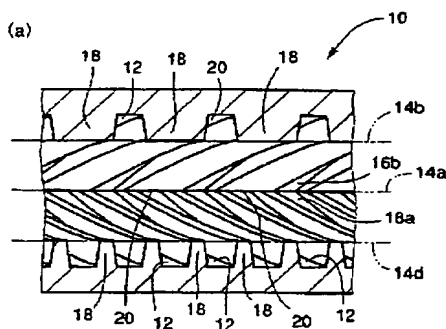
【図3】



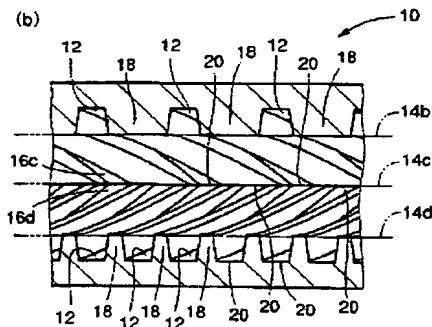
(b)



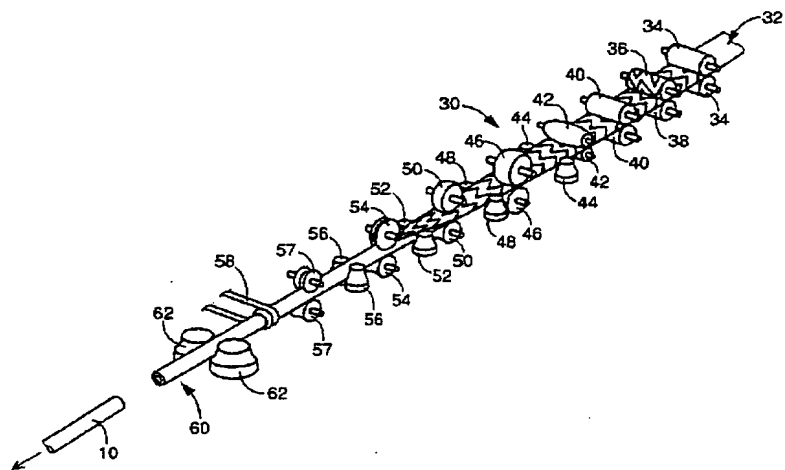
【図4】



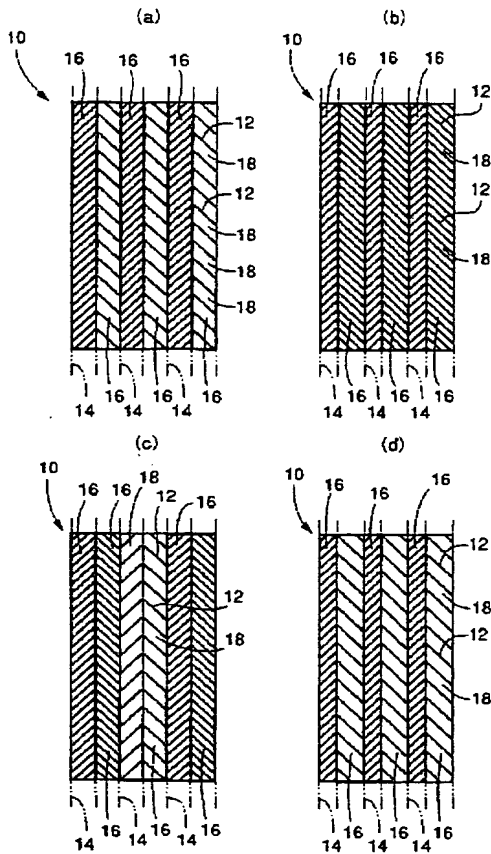
(b)



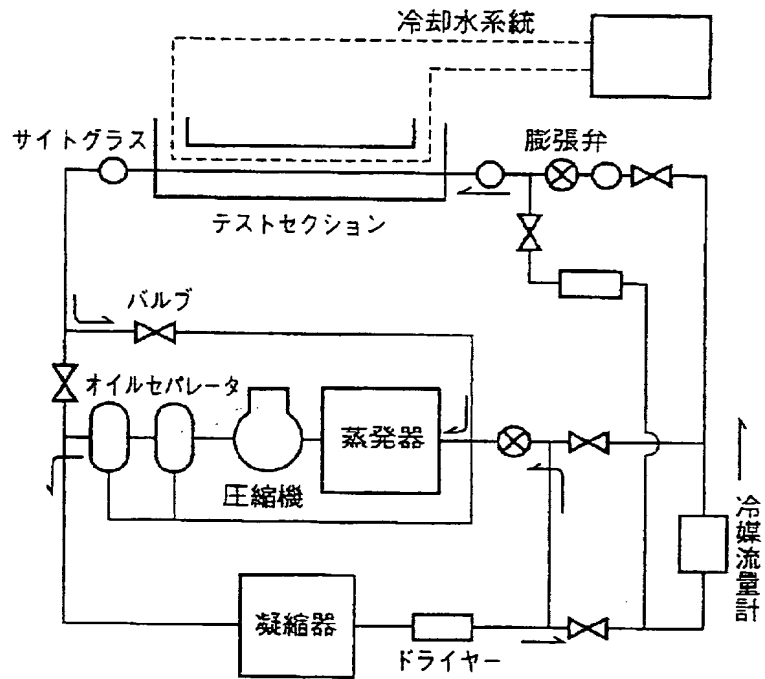
【図6】



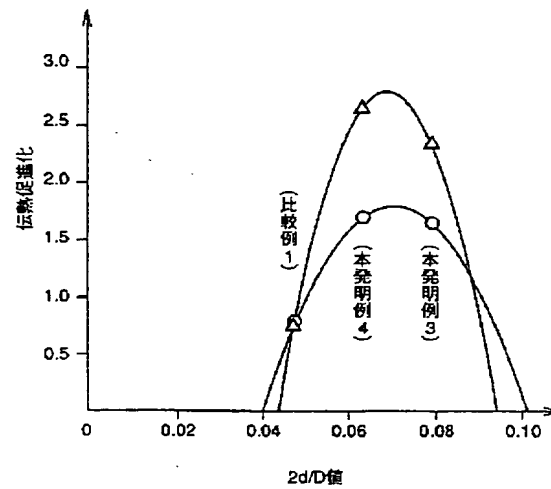
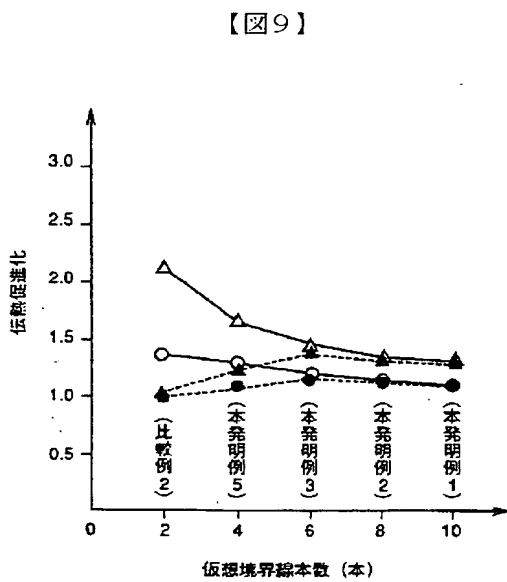
【図5】



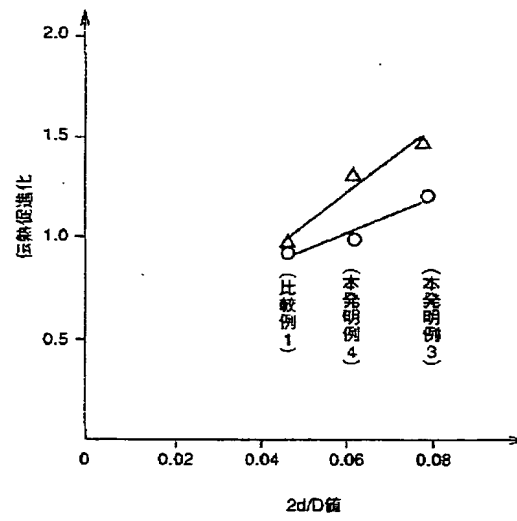
【図7】



【図10】



【図11】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**